

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

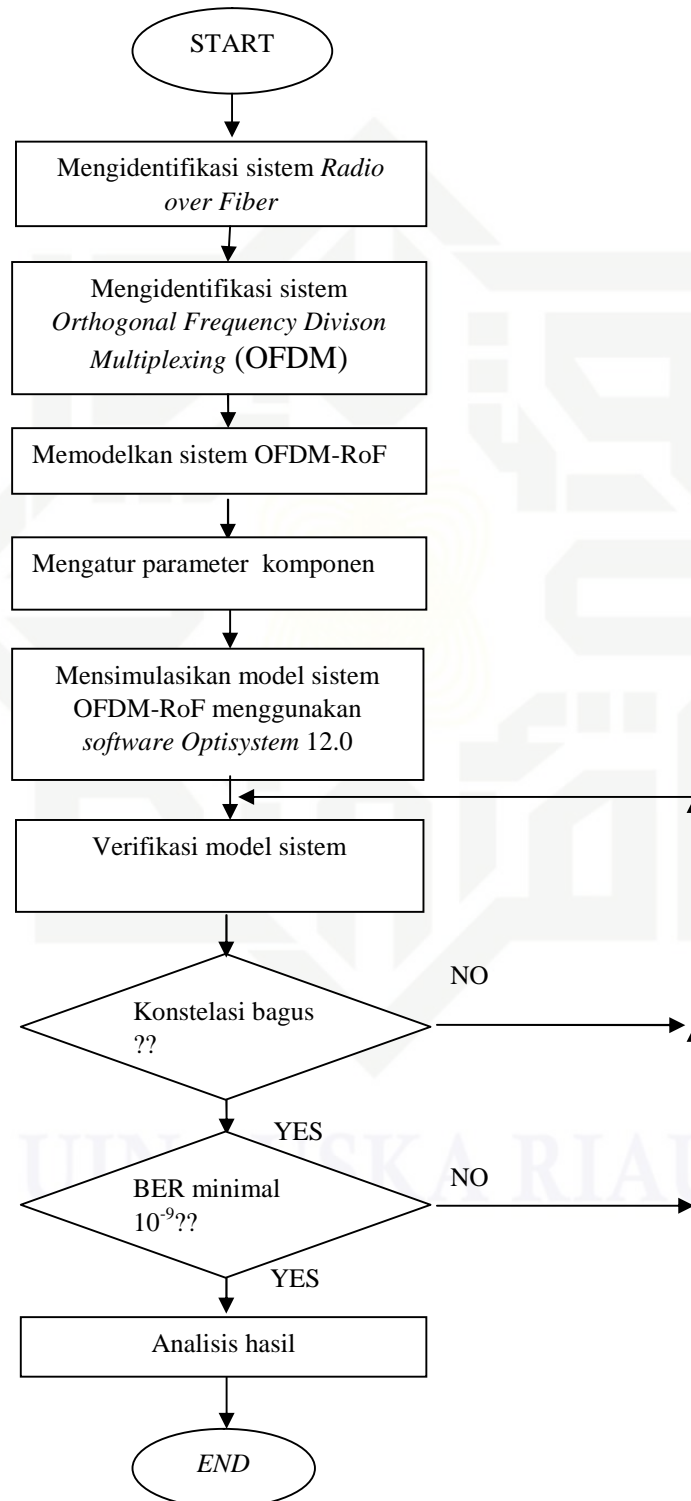
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

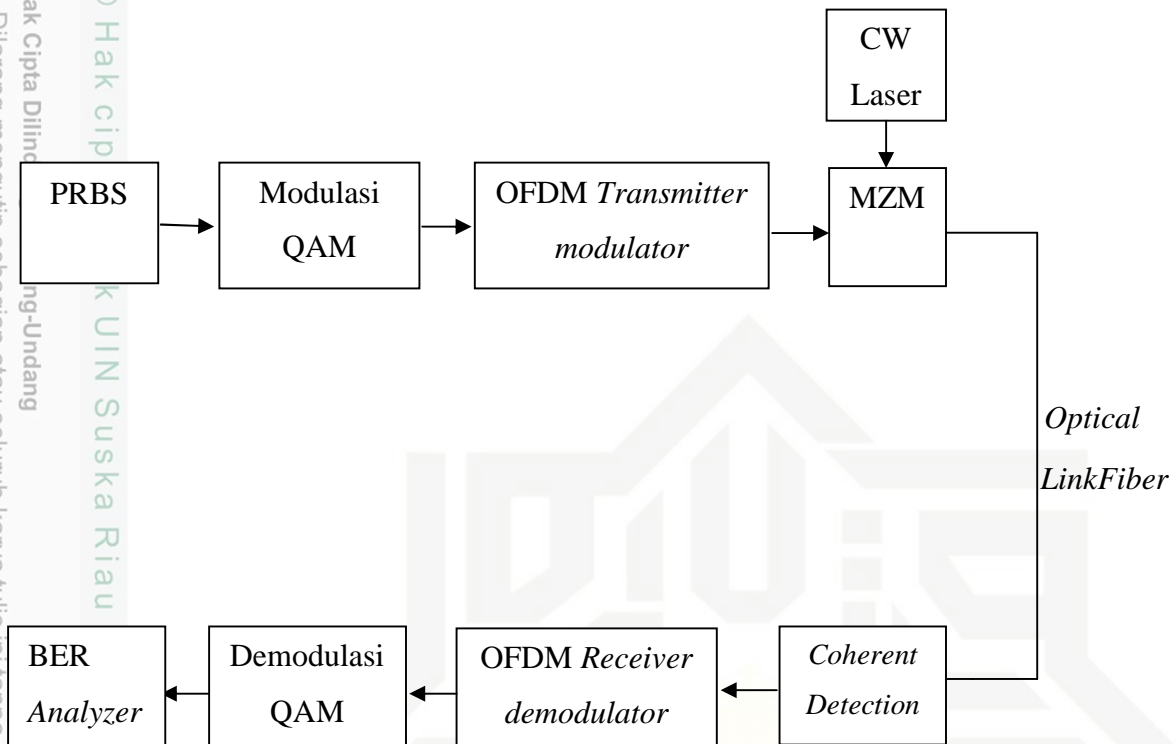
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dari penelitian ini diskemakan dalam bentuk *flowchart* seperti tampak di bawah ini:



Gambar 3.1. Skema *Flow Chart*

### 3.1. Blok Diagram Model Jaringan



Gambar 3.2. Blok Diagram OFDM-RoF

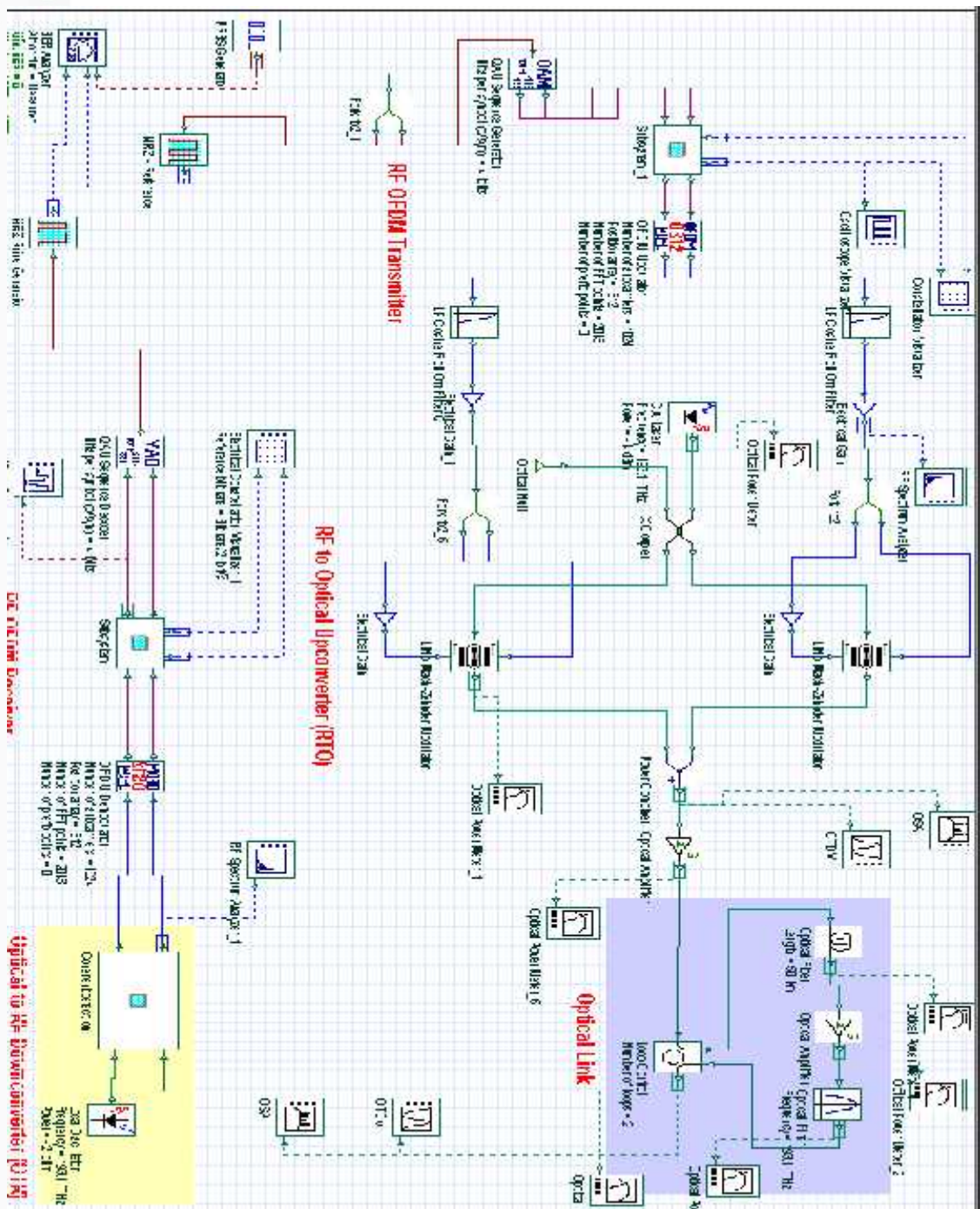
*Pseudo Random Bit Sequence* (PRBS) merupakan sumber informasi yang menghasilkan bit informasi yang akan dikirimkan melalui serat optik, selanjutnya bit – bit tersebut akan melalui proses *encoding* dengan menggunakan teknik pengkodean *Non Return to Zero* (NRZ). Setelah dicodingkan sinyal tersebut akan dibentuk orthogonal pada masing – masing *subcarrier* di dalam *OFDM modulator*, yang prinsipnya *subcarrier* OFDM dimodulasi dengan teknik modulasi *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM).

Sinyal elektrik yang sudah dihasilkan *OFDM modulator* kemudian melewati *Mach Zehnder Modulator* (MZM) yang merupakan modulator eksternal, dimana berfungsi sebagai proses penumpangan sinyal elektrik ke dalam sinyal cahaya yang ditembakkan oleh CW laser, agar dapat ditransmisikan ke dalam fiber optik. Sinyal optik yang dihasilkan MZM kemudian melewati kanal, dalam hal ini yakni *Radio over Fiber*.

Pada penerima optik terdapat teknik pendeteksian. Teknik pendeteksian yang digunakan pada penelitian ini adalah *coherent detection*. Pada bagian *OFDM receiver*, setelah sinyal optik dikonversi menjadi sinyal listrik kembali, sinyal akan didemodulasi oleh *OFDM demodulator* dan *QAM decoder* yang merupakan pengembalian proses dari sisi pengirim. Dan terakhir sinyal hasil keluaran *QAM decoder* diukur melalui *BER analyzer* yang berfungsi mendapatkan hasil dari BER.

### 3.2. Model Simulasi Jaringan

Berikut tampilan simulasi *software optisystem* untuk model jaringan *Radio over Fiber* menggunakan teknik *multiplexing Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) dengan metode pendeteksian koheren menggunakan modulasi 16-QAM dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Model Simulasi OFDM-RoF menggunakan *Optisystem*





Gambar di atas merupakan model jaringan *Radio over Fiber* dengan menggunakan teknik *multiplexing* OFDM yang dimodelkan pada *software* optisystem. Pada bagian RF OFDM *transmitter*, sinyal informasi dibangkitkan oleh PRBS Generator kemudian di-coding-kan dengan menggunakan NRZ. Setelah di-coding-kan sinyal tersebut akan dibentuk orthogonal pada masing – masing *subcarrier* di dalam OFDM *modulator*, yang pada prinsipnya *subcarrier* OFDM dimodulasi dengan teknik modulasi QAM. Sinyal elektrik yang sudah dihasilkan OFDM Modulator kemudian melewati *LP Cosine Roll Off Filter* sebagai filter dari sinyal tersebut.

Pada blok diagram *RF to optical upconverter* sinyal hasil filter tersebut melewati *Mach Zehnder Modulator* (MZM) yang merupakan modulator eksternal, dimana terjadi proses penumpangan sinyal elektrik ke dalam sinyal cahaya yang ditembakkan oleh CW laser, agar dapat ditransmisikan ke dalam fiber optik. Sinyal optik yang dihasilkan MZM kemudian melewati kanal, dalam hal ini yakni *Radio over Fiber*. Jenis fiber optik yang digunakan adalah *Single Mode Fiber* (SMF).

Pada serat optik diperlukan penguat optik untuk menguatkan sinyal cahaya yang ditransmisikan. Dengan adanya penguat optik, maka bisa didapatkan jarak transmisi yang lebih jauh. Karena semakin jauh jarak transmisi semakin lemah sinyal yg diterima. Penguat optik yang akan digunakan adalah *optical amplifier*. Setelah sinyal optik diperkuat oleh *optical amplifier*, maka sinyal tersebut melalui *optical filter* yang merupakan perangkat penerima yang berfungsi untuk mengambil sinyal informasi sesuai dengan frekuensi yang diinginkan. Prinsip kerjanya adalah melewatkan frekuensi tertentu dan menahan atau meredam frekuensi lainnya.

Pada blok diagram *Optical to RF Downconverter* terdapat *photodetector*. Metode pendeteksian yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini menggunakan metode *coherent detection*. Blok diagram ini merupakan suatu bagian yang berfungsi untuk menerima sinyal optik yang dikirim oleh *transmitter* dan menerima sinyal cahaya keluaran dari serat optik.

Pada bagian RF OFDM *receiver*, setelah sinyal optik dikonversi menjadi sinyal listrik kembali, sinyal akan didemodulasi oleh OFDM *demodulator* dan QAM *Decoder* yang merupakan blok pengembalian proses dari sisi *transmitter*. Kemudian sinyal hasil keluaran QAM *decoder* di-decoding menggunakan NRZ *pulse generator* dan kemudian diukur melalui BER *analyzer* yang berfungsi mendapatkan hasil dari BER.



### 3.3. Parameter Setup

Untuk mempermudah simulasi maka diperlukan parameter-parameter yang digunakan untuk melakukan simulasi. Adapun parameter-parameter yang digunakan dapat dilihat pada tabel – tabel berikut ini :

Tabel 3.1. *Global Parameter*

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Bit Rate</i>	1,2	Gbps
<i>Time Window</i>	$6,8267 \times 10^{-6}$	s
<i>Sample Rate</i>	4,8	GHz
<i>Sequence Length</i>	8192	Bits
<i>Sample per Bit</i>	4	
<i>Number of Samples</i>	32768	
<i>Sensitivity</i>	-100	dBm

Penelitian ini menggunakan *bit rate* sebesar 1,2 Gbps, *sequence length* senilai 8192 bits dan *sample per bits* senilai 4. Sedangkan parameter untuk nilai *time window*, *sample rate* dan *numbers of samples* didapat dengan menggunakan rumus:

1. *Time window* = *Sequence length* \*  $1/\text{Bit rate}$  =  $8192 * 1 / 1,2 \times 10^9 = 6,8267 \times 10^{-6} \text{ s}$
2. *Number of samples* = *Sequence length* \* *Samples per bit* = 32768 samples
3. *Sample rate* = *Number of samples* / *Time window* = 4,8 GHz

Sumber optik yang digunakan pada model jaringan ini adalah CW Laser. Pengaturan parameter CW Laser dalam rancangan simulasi model jaringan ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.2. Parameter CW Laser

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Frequency</i>	193,1	THz
<i>Power</i>	-4	dBm
<i>Linewidth</i>	5	MHz

Fiber optik yang digunakan pada model jaringan ini adalah fiber optik *step index single mode*. Pengaturan parameter fiber optik dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.3. Parameter Serat Optik

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Reference Wavelength</i>	1550	Nm
<i>Length</i>	0, 50, 100	km
<i>Attenuation</i>	0,2	dB/km
<i>Dispersion</i>	16,75	ps/nm/km
<i>Dispersion Slope</i>	0,075	ps/nm <sup>2</sup> /km
<i>Lower Calculation Limit</i>	1200	nm
<i>Upper Calculation Limit</i>	1700	nm

Pengaturan parameter *photodetector* PIN dapat dilihat pada tabel 3.4.

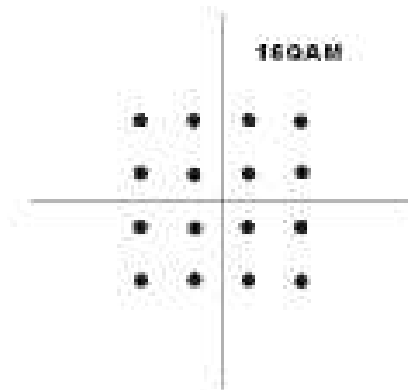
Tabel 3.4. Parameter *Photodetector* PIN

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Responsivity</i>	1	A/W
<i>Dark Curent</i>	10	nA
<i>Center Frequency</i>	193,1	THz

### 3.4. Skenario Penelitian

#### 3.4.1. Verifikasi Model Sistem

Sebelum menganalisis performansi sistem, terlebih dahulu perlu dilakukan verifikasi terhadap model sistem. Verifikasi sistem dilihat dengan mengecek konstelasi modulasi 16-QAM. Untuk merepresentasikan satu simbol 16-QAM diperlukan 4 bit sinyal digital yaitu : 0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111. Berikut tampilan titik-titik konstelasi 16-QAM dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Titik - Titik Konstelasi 16-QAM  
(Sumber : Ahmed Said, 2012)

Verifikasi sistem selanjutnya dilakukan dengan melihat besaran parameter *Bit Error Ratio* (BER) pada *receiver*. Hal ini penting dilakukan sebagai validasi bahwa model sistem tersebut telah memenuhi kriteria BER yang telah distandarkan oleh ITU-T. Standar ITU-T BER pada sistem komunikasi optik adalah  $10^{-9}$ .

Verifikasi sistem selanjutnya adalah *eye pattern* (diagram mata). *Eye pattern* merupakan metode untuk menganalisis karakteristik sinyal digital.

### 3.4.2. Pengaruh Jumlah *Subcarrier* terhadap Performansi BER

Simulasi ini dilakukan untuk melihat pengaruh dari jumlah *subcarrier* terhadap performansi BER yang akan dihasilkan. Simulasi dilakukan dengan cara memberi beberapa variasi jumlah *subcarrier* pada OFDM *modulator* dan *demodulator* yaitu meliputi 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, dan 16384 *subcarrier*.

Parameter jumlah *subcarrier*, *Position Array* dan FFT yang diatur pada OFDM *modulator* maupun OFDM *demodulator* memiliki nilai yang sama. Dengan ketentuan parameter *position array* dan FFT disesuaikan dengan jumlah *subcarrier*. Dalam hal matematis, jika  $subcarrier = 2^n$ , maka  $FFT = 2^{n+1}$  dan  $Position Array = 2^{n-1}$ . Adapun *subcarrier* yang digunakan adalah  $2^n$ , dimana  $n = 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14$ . Parameter jumlah *subcarrier*, *Position Array* dan FFT yang diatur dapat dilihat pada tabel 3.5.



Tabel 3.5. Parameter OFDM *Modulator* dan *Demodulator*

Jumlah <i>Subcarrier</i>	<i>Position Array</i>	FFT
128	64	256
256	128	512
512	256	1024
1024	512	2048
2048	1024	4096
4096	2048	8192
8192	4096	16384
16384	8192	32768

### 3.4.3. Pengaruh Dispersi *Fiber Optik* terhadap BER

Skenario penelitian ini dilakukan dengan mengatur parameter dispersi pada fiber optik, dengan tujuan melihat pengaruh dispersi terhadap performansi BER yang dihasilkan. Sinyal cahaya yang ditransmisikan ke dalam serat optik akan mengalami dispersi yang mengakibatkan terjadinya pelebaran sinyal pulsa yang diterima, hal ini akan mempengaruhi performansi BER. Pengiterasian parameter dispersi pada fiber optik dengan nilai dari 1 ps/nm/Km sampai dengan 32 ps/nm/Km diperlihatkan pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Parameter Fiber Optik dengan Dispersi

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Length</i>	50	Km
<i>Attenuation</i>	0,2	db/km
<i>Dispersion</i>	1-32	ps.nm/km
<i>Dispersion slope</i>	0,075	ps.nm <sup>2</sup> /km

### 3.4.4. Pengaruh Daya Input terhadap BER

Skenario penelitian ini merupakan simulasi yang dilakukan untuk melihat pengaruh dari daya input terhadap performansi BER. Simulasi dilakukan dengan cara memberi





beberapa ukuran pada daya input CW Laser yaitu dari -7 dBm sampai dengan -2 dBm. Parameter daya input yang diatur pada CW Laser diperlihatkan pada tabel 3.7 dibawah ini.

Tabel 3.7. Parameter CW Laser dengan Power -7 dBm sampai 1 dBm

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Frequency</i>	193,1	Thz
<i>Power</i>	-7 sampai -2	dBm

### 3.4.5. Pengaruh Jarak Fiber Optik Terhadap Performansi BER

Pada skenario ini, peneliti melakukan iterasi terhadap jarak transmisi *Fiber Optik* yang digunakan, nilai dari 45 km sampai dengan 52 km untuk mengetahui jarak maksimum pembentangan *Fiber Optik* dengan memperhatikan performansi BER.

### 3.4.6. Menentukan *Minimum Required Power* Sistem

Di dalam sistem komunikasi optik, *Minimum Required Power* (MRP) merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan daya minimum yang dibutuhkan oleh sistem untuk menghasilkan besaran BER. Pada skenario penelitian keempat ini, penentuan nilai MRP sistem ini dilakukan untuk orde modulasi 16-QAM.